

Sistem Informasi pada Monitoring Gempa Bumi Jisview dan Penentuan Potensi Tsunami Menggunakan Duration Rupture

Information System on Jisview Earthquake Monitoring and Tsunami Potential Determination using Duration Rupture

Wiko Setyonegoro, Januar Arifin, Thomas Hardy

Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, Jl. Angkasa I No.2 Kemayoran Jakarta Pusat 10720

Email: wiko.setyonegoro@bmkg.go.id

Abstract

Information systems in the earthquake and tsunami monitoring is required to provide accurate information regarding the occurrence of the earthquake source mechanism parameters. Development is done by dividing the segment level seismic activity for the local velocity model in Sumatra, Java, Bali, Sulawesi and Papua. The velocity model is useful for determining the accuracy of the parameter magnitude, coordinates, depth and time of occurrence of earthquakes. Some of the latest development goals, including the installation of upgrading Jisview result in earthquake recording station BMKG placed throughout Indonesia (UPT), then clustering in the data processing waveform into several segments for the purpose of monitoring the efficiency and accuracy of waveform data download. Do also compile on some supporting software such as: Azmtak, VB 6.0, SQLyog, M Visual C ++, Matlab, 7.8, MapWinGis, Active Control, Map Object 2.2, Data Dynamics Active Report, MySql connector odbc, media dissemination as installation design user friendly easy to operate staff monitoring earthquakes. Furthermore, validated the accuracy of the monitoring system of earthquake and tsunami accurate determination of potential through T_{dur} , T_d and T_{50x} at the Center for BMKG. The development of an integrated, in strengthening the development of earthquake monitoring system. Output of earthquake parameter information to be released in near real-time is coordinates, time, magnitude (M_w), depth, strike, dip and slip, while the output potential of tsunami information in the release is, T_d , T_{dur} , T_{50x} , $T_d * T_{dur}$ and $T_d * T_{50x}$.

Keywords: monitoring earthquakes, jisview, determination of potential tsunami, the duration of the rupture

Abstrak

Sistem monitoring gempa bumi dan tsunami diperlukan untuk memberikan informasi yang akurat mengenai parameter mekanisme sumber terjadinya gempa bumi. Pengembangan yang dilakukan menurut pembagian segmen tingkat aktivitas seismik untuk model kecepatan lokal di Sumatra, Jawa, Bali, Sulawesi dan Papua. Model kecepatan ini bermanfaat untuk keakuratan penentuan parameter magnitude, koordinat, kedalaman dan waktu terjadinya gempa bumi. Beberapa tujuan pengembangan terbaru, diantaranya instalasi hasil *upgrading* Jisview di stasiun pencatat gempa bumi BMKG yang ditempatkan di seluruh Indonesia (UPT), kemudian *clustering* pada *processing* data *waveform* menjadi beberapa segmen monitoring untuk tujuan efisiensi dan akurasi pengunduhan data *waveform*. Dilakukan juga kompilasi pada beberapa *software* pendukung seperti : Azmtak, VB 6.0, SQLyog, M Visual C++, Matlab, 7.8, MapWinGis, Active Control, Map Object 2.2, Data Dinamic Active Report, MySql connector odbc, media dissemination sebagai desain instalasi *user friendly* yang mudah dioperasikan staf monitoring gempa bumi. Lebih jauh, dilakukan validasi akurasi sistem monitoring gempa bumi dan penentuan potensi tsunami yang akurat melalui T_{dur} , T_d dan T_{50x} di Puslitbang BMKG. Pengembangan tersebut saling terintegrasi dalam penguatan pengembangan sistem monitoring gempa bumi. Output dari informasi parameter gempa bumi yang di rilis secara *near real-time* adalah koordinat, waktu, magnitudo (M_w), kedalaman, *strike*, dip dan slip, sedangkan output informasi potensi tsunami yang di rilis adalah T_d , T_{dur} , T_{50x} , $T_d * T_{dur}$ dan $T_d * T_{50x}$.

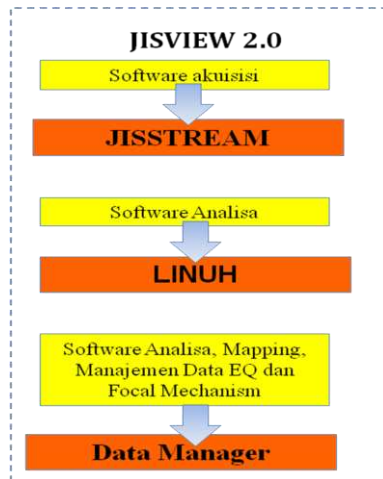
Kata kunci: monitoring gempa bumi, jisview, penentuan potensi tsunami, durasi rupture

1. Pendahuluan

Sistem informasi pada monitoring gempa bumi

Jisview digunakan untuk menggambarkan informasi gempabumi secara *near realtime* yang berpotensi menimbulkan kerusakan dan bangunan, infrastruktur vital dan berbagai fasilitas umum [8]. Telah dilakukan pengembangan sistem monitoring gempa bumi

pada tahun 2013, pada tahun ini dibangun sistem monitoring gempa bumi dengan penentuan parameter gempa bumi dan mekanisme sumber gempa bumi secara *real time* dan otomatis, dan pada tahun 2014 dilakukan *upgrading* fungsi-fungsi penting pada sistem [9].

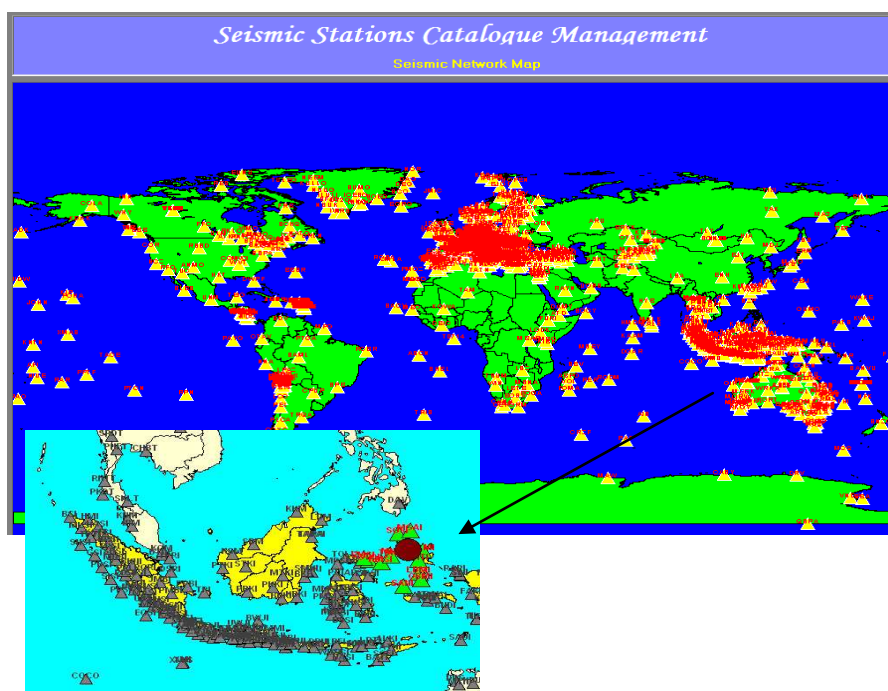


Gambar 1. Fitur sistem informasi dari monitoring gempa bumi Jisview

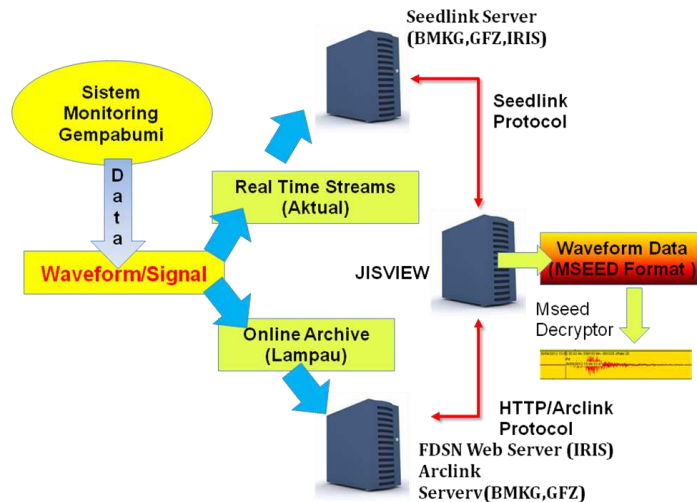
Pada tahun 2015, dilanjutkan dengan pengembangan PC *Cluster* (server) di Lab. Puslitbang Geofisika BMKG dengan tujuan untuk melakukan pembagian pemrosesan data atau mempersempit lokasi stasiun penerima dalam mengolah sinyal hingga diperoleh sinyal yang lebih presisi. Melalui beberapa pengembangan versi sebelumnya Jisview terdiri

dari beberapa fitur penting dalam memberikan informasi gempa bumi, diantaranya: *Auto/Manual Locating Hypoinverse 2000*. Model Kecepatan : IASP91. Akuisisi data melalui fitur *real time SEEDLINK* pada JISSTREAM disimpan dalam bentuk *file binary* sesuai *channel* dan waktu datanya (Gambar 1). Perhitungan *focal mechanism* dan *Plotting* bola fokus Menggunakan MODUL DASAR WINAZMTAK 1.0. Derivator : Model Gutenberg & Richter, Model Wald dan Model Lepolt Linkimer. INTEGrator : *Velocity* \rightarrow *Displacement*. Fitur untuk mengkonversi atau menyimpan data *waveform* sensor tunggal tiga komponen ke dalam format DIMAS agar dapat dianalisa melalui *software* analisa *single station* WGSNPlot. Azmtak, VB 6.0, SQLyog, M Visual C++, Matlab, 7.8, MapWinGis, Active Control, Map Object 2.2, Data *Dinamic Active Report*, MySql connector odbc. *Butterworth filter* (*reguler & zero phase filter*) : FFT.

Pada Gambar 2 ditampilkan akses data yang terhubung ke sistem monitoring gempa bumi Jisview mencakup stasiun pencatat gempa bumi dari hampir di seluruh dunia. Fitur ini berfungsi untuk melakukan *request* data sinyal maupun instrumen respon ke *server* Arclink BMKG; 159 stasiun, GFZ (Germany); 1246 dan IRIS/USGS; 339 stasiun. Dengan total akses data *real time* yang terhubung pada sistem monitoring Jisview hingga 1744 sensor gempa bumi (Gambar 3).



Gambar 2. Stasiun sensor pencatat kejadian gempa bumi yang terhubung pada Jisview melalui *server arclink* di Ina-TEWS BMKG sebanyak 1744 stasiun/ sensor.



Gambar 3. Alur akses data *near real time* pada sistem monitoring gempa bumi Jisview.

1.1 Sistem informasi penentuan potensi tsunami menggunakan *duration rupture*

Aplikasi lainnya pada kegiatan tahun 2015 ini adalah sistem informasi penentuan potensi tsunami T-dur, Td dan T50x. Peringatan dini tsunami yang cepat, tepat dan akurat sangat berpengaruh terhadap usaha mitigasi bahaya tsunami. Pada tahun 2012, telah dilakukan rancang desain perangkat lunak info dini tsunami dengan metode durasi *rupture* (Tdur) [7], periode dominan (Td) dan T50Ex. Pada tahun 2013, Puslitbang BMKG telah melakukan kajian hasil monitoring peringatan dini tsunami dengan menggunakan metode durasi *rupture* (Tdur), periode dominan (Td) dan T50Ex [21]. Tahun 2014, dilakukan kajian dan evaluasi kehandalan sistem peringatan dini tsunami dengan metode yang telah dikembangkan [22].

Untuk historis pengembangan penentuan potensi tsunami dengan T-Dur, pada tahun 2012, Puslitbang telah dibuat script program aplikasi penentuan potensi tsunami menggunakan perhitungan Tdur, Td Dan T50Ex. Program penentuan potensi tsunami juga telah diuji secara *offline* dengan beberapa gempa bumi yang berpotensi tsunami [17], yang ditunjukkan dengan nilai parameter yang sesuai dengan kriteria perhitungan Tdur, Td dan T50Ex.

Pada tahun 2013, Puslitbang BMKG telah mengembangkan program aplikasi penentuan potensi tsunami menggunakan perhitungan Tdur, Td dan T50Ex dengan data *real time waveform* dari stasiun pengamatan yang masuk jaringan Ina-TEWS. Aplikasi penentuan potensi secara manual juga telah dibuat supaya bisa dilakukan

perhitungan manual terhadap gempa bumi-gempa bumi yang sudah terjadi. Hasil penelitian menunjukkan dari 81 kejadian gempa bumi pada tahun 2013 yang sudah dihitung oleh aplikasi peringatan potensi tsunami secara *real time*, memberikan hasil 97.53% konsisten (79 kejadian) dengan pengujian perbandingan menggunakan simulasi tsunami lainnya [23], yaitu parameter dibawah kriteria potensi tsunami, dan kondisi sebenarnya tidak terjadi tsunami [6]. Dari hasil ujicoba terhadap 171 kejadian gempa bumi secara manual, dapat dilihat bahwa aplikasi memberikan hasil 96.5% (166 kejadian) konsisten, yaitu parameter dibawah kriteria potensi tsunami, dan kondisi sebenarnya juga tidak terjadi tsunami. Dari uji statistik terhadap hasil ujicoba secara manual maupun *real time* dapat dilihat bahwa parameter periode dominan (Td), Tdur * Td, dan Td * T50Ex lebih konsisten dibandingkan parameter Tdur, dan T50Ex [5].

1.2 Visi pencapaian dan hasil pengembangan terbaru

Visi pengembangan sistem monitoring gempa bumi Jisview secara garis besar adalah sebagai berikut :

1. Dikembangkan sistem yang membantu operasional monitoring dan analisa gempa bumi.
2. *Automatic dan Manual Picking* (QC) sinyal.
3. *All-In Processing*.
 - a. *Input* : Data *waveform*.
 - b. *Output* : Informasi *Focal Mechanism* dan magnitudo.
 - c. *Advance Output* : Informasi dini gempa bumi.
4. Menyediakan akses *real-time* dan *archiving*

data waveform dari jaringan monitoring gempa bumi.

5. Mampu mendiseminasikan informasi gempa bumi ke masyarakat (*Twitter & Whatsapp application*).
6. Ringan, *portable*, dapat diinstall dimana saja.
7. *User Friendly* (Mudah dioperasikan).
8. Mampu memanfaatkan jaringan publik (internet).

Dalam mendukung pencapaian visi tersebut maka dilakukan penambahan jaringan monitoring gempa bumi di mini regional BMKG sebagai integrasi informasi yang lengkap dari stasiun gempa bumi di daerah. Juga dilakukan instalasi PC *Cluster* di Lab Puslitbang Bidang Geofisika. Pada tahap ini membentuk jaringan PC *Cluster* pada Sistem Monitoring Gempa bumi untuk dapat melakukan pembagian pemrosesan data atau memfokuskan lokasi stasiun penerima dalam mengolah sinyal, hingga diperoleh sinyal yang lebih presisi. Informasi gempa bumi digunakan untuk menggambarkan informasi gempa bumi secara *real time* yang berpotensi menimbulkan kerusakan dan bangunan, infrastruktur vital dan berbagai fasilitas umum. Telah dilakukan pengembangan sistem monitoring gempa bumi pada tahun 2013, pada tahun ini dibangun sistem monitoring gempa bumi dengan penentuan parameter gempa bumi dan mekanisme sumber gempa bumi secara realtime dan otomatis, dan pada tahun 2014 dilakukan *upgrading* fungsi-fungsi penting pada sistem.

Fokus pengembangan fungsi-fungsi Jisview akan dititik beratkan pada pengembangan model kecepatan. Ada beberapa *software* untuk menentukan model kecepatan, diantaranya : memakai tomografi, dari data *waveform cross corelasi*, hasilnya akan lebih baik daripada hasil yang ada selama ini, yaitu *picking*-nya yang baik hanya P nya saja. Dapat dilakukan juga dengan memakai *receiver function*. Tomografi menggunakan katalog dapat dilakukan, akan tetapi untuk *cross corelasi* belum bisa dilakukan. *Receiver function* dapat dilakukan 1D dulu dan lebih jauh untuk 2D [2]. Model kecepatan ini yang nantinya akan dilakukan ujicoba sebagai hasil pengembangan Puslitbang BMKG dan STMKG. Sebelum dirilis tentunya akan melalui tahapan validasi dengan model kecepatan lainnya yang telah publik terlebih dahulu, seperti IASP. Pada tahun 2015 ini telah dihasilkan model kecepatan berdasarkan pembagian segmen di beberapa lokasi di Indonesia seperti di Sumatra Utara, Sumatra Barat, Jawa Tengah, Bali, Banda dan Sulawesi [3].

2. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan fitur sistem monitoring gempa bumi dan tsunami melalui validasi pengolahan model kecepatan pada Jisview serta validasi penentuan Potensi Tsunami menggunakan T_{dur}, T_d dan T_{50x}.

3. Metode

Berikut adalah beberapa metode yang dikembangkan pada sistem monitoring gempa bumi Jisview. Metode yang digunakan dalam penentuan model kecepatan adalah metode inversi. Proses inversi adalah proses pengolahan data yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan parameter fisis batuan dari data observasi. Salah satu metode solusi inversi adalah model *coupled hypocenter velocity*. Untuk mendapatkan solusi model *coupled hypocenter velocity*, digunakan program *velest 3.3* yang diperkenalkan oleh Kissling & dkk. [10]. Prinsip metode ini adalah melakukan inversi secara simultan terhadap model kecepatan dan hiposenter yang dibatasi pada fase pertama waktu tiba gelombang P (*P-wave first arriving phases*).

Ada empat file *input* yang diperlukan untuk melakukan pengolahan data dengan menggunakan *velest 3.3*, yaitu data gempa bumi, inisial model kecepatan gelombang P 1-D, dan kontrol parameter. Dalam pengamatan waktu tiba gelombang dinyatakan dalam suatu formula $t^{obs} = f(s, h, m)$, dengan *s* koordinat stasiun, *h* parameter hiposenter termasuk *origin time*, dan *m* model struktur kecepatan. Fungsi *f* adalah fungsi *non-linear* dari parameter *h* dan *m* yang tidak diketahui sebelumnya. Untuk menentukan waktu tiba teoritis *t_{cal}* terhadap setiap pasangan stasiun, diterapkan teori penjalaran gelombang dengan inisial model struktur kecepatan. Hubungan linear antara waktu residual *t_{res}* dengan parameter Δh_k dan Δm yang tidak diketahui, dinyatakan sebagai berikut.

$$t_{res} = t_{obs} - t_{cal} = \sum_{k=1}^4 \frac{\partial f}{\partial h_k} \Delta h_k + \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial m_i} \Delta m_i + e \quad (1)$$

Formula di atas merupakan persamaan model *coupled hypocenter velocity*[1], dengan *n* sebagai jumlah parameter model kecepatan dan *e* sebagai kesalahan (*error*) dari waktu penjalaran, kesalahan penggunaan model kecepatan, kesalahan pada koordinat hiposenter serta

kesalahan pada pendekatan linear yang digunakan. Hasilnya adalah nilai t_{cal} yang baru akan dibandingkan *misfit*-nya dengan t_{cal} sebelumnya untuk satu iterasi. Dalam setiap iterasinya tercantum nilai RMS antara t_{obs} dan t_{cal} . Gambar 2 menunjukkan diagram alur proses pengolahan data dengan menggunakan *velest 3.3*.

3.1 Melakukan kompilasi *software* Jisview

Kompilasi *software* ini mendukung pengembangan dari segi teknis pemrograman, dimana dengan melakukan kompilasi program yang support untuk dilakukan instalasi pada versi *Windows* yang diperlukan maka akan semakin mudah dilakukan peningkatan masukkan dan *brain storming* dari staf operator monitoring mengenai kesalahan dan kekurangan yang wajib untuk ditingkatkan pada pengembangan sistem monitoring gempa bumi. Kompilasi pada beberapa *software* pendukung Jisview dilakukan pada beberapa *software* pendukung Jisview, seperti: Azmtak, VB 6.0, SQLyog, M Visual C++, Matlab, 7.8, MapWinGis, Active Control, Map Object 2.2, Data Dinamic Active Report, MySQL connector odbc, *media dissemination*.

3.2 *Upgrading* Jisview di stasiun, dalam meningkatkan jumlah analisa sinyal.

Pada tahap ini membentuk jaringan PC *Cluster* pada Sistem Monitoring Gempa bumi dengan tujuan untuk melakukan pembagian monitoring dan pemrosesan data atau membagi lokasi stasiun penerima dalam mengolah sinyal suatu *event* gempa bumi, hingga diperoleh sinyal yang lebih terklasifikasi berdasarkan segmentasi tingkat aktivitas seismiknya. Untuk clustering pada wilayah monitoring gempa bumi di lab geofisika Puslitbang BMKG. Di lab. geofisika dilakukan pembagian wilayah monitoring gempa bumi. Pengklasifikasian ini dilakukan berdasarkan segmen area dengan tingkat aktivitas *seismic* yang berbeda.

3.3 Validasi akurasi sistem informasi gempa bumi Jisview

Beberapa instansi perilis informasi gempa bumi dan tsunami seperti USGS, NOAA, IRIS, dan BMKG (Operasional) akan mengeluarkan atau

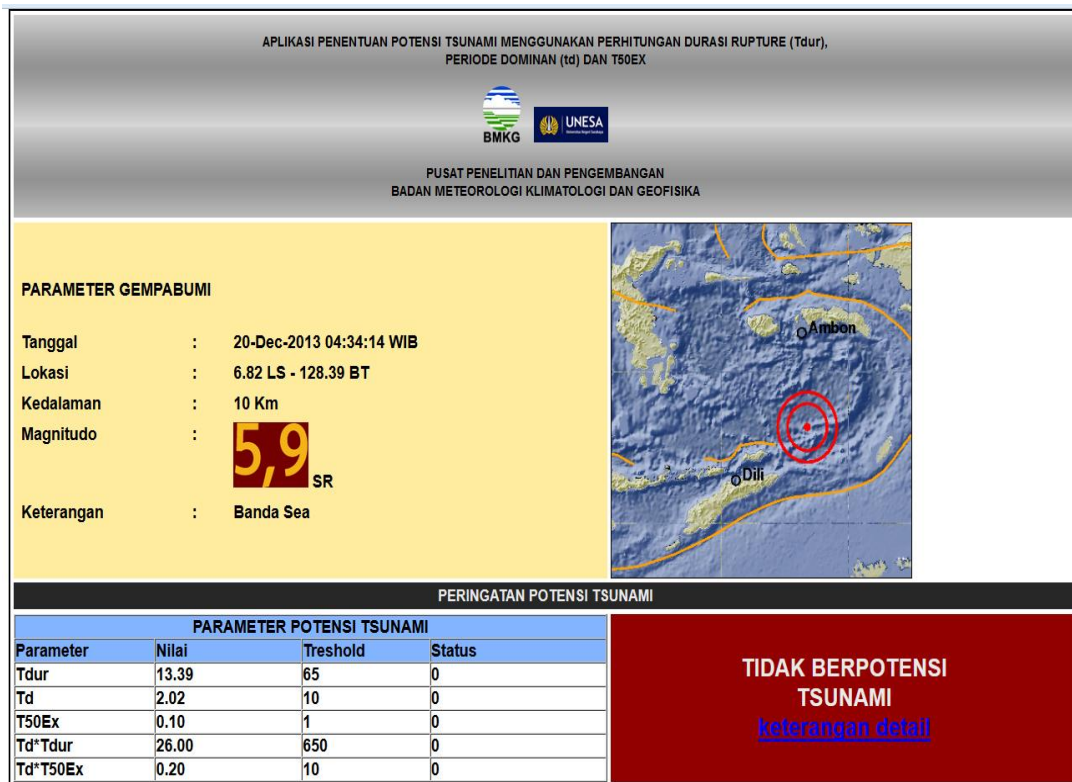
merilis parameter-parameter gempa bumi ketika tercatat suatu kejadian gempa bumi. Maka, di Puslitbang BMKG telah dikembangkan sistem informasi hasil monitoring gempa bumi Jisview. Sebelum Jisview dikukuhkan menjadi sistem informasi dengan akurasi yang tepat maka diperlukan validasi parameter outputnya. Untuk menunjang proses validasi tersebut maka dilakukan pengolahan data gempa dari beberapa even gempa yang pernah terjadi. Dari hasil pengolahan data gempa tersebut dapat divalidasi dengan beberapa instansi yang telah lama malang melintang, dan dapat kita gunakan untuk melakukan karakterisasi penyebab dari gempa tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan event gempa yang akan dijadikan bahan validasi. Katalog event gempa tersebut di peroleh dari GFZ, setelah diseleksi dan mendapatkan beberapa event gempa selanjutnya dilakukan pengolahan gempa dengan menggunakan Linuh. Secara *default*, model kecepatan yang digunakan pada *software* ini adalah IASP91. Akan tetapi, dapat dilakukan perubahan pada model kecepatan tersebut dengan cara merubah pada option pengaturannya. Sehingga dapat digunakan beberapa model kecepatan sebagai bahan perbandingan.

Linuh itu sendiri merupakan *software* yang mengintegrasikan akses data *online*, pengolahan sinyal seismik, komputasi dan manajemen dari data waktu kejadian, lokasi *hypocenter* dan *focal mechanism* gempa bumi dalam satualur proses. Sistem Jisview ini didesain untuk memungkinkan pemuatan data *archive waveform* secara *online* dengan menggunakan protocol Arclink. Sistem mampu mengakses server layanan data seismik *online* yang disediakan oleh institusi BMKG, GFZ dan IRIS/USGS.

3.4 Penentuan potensi tsunami dengan T-dur

Validasi sistem penentuan secara *online* dilakukan dengan mengamati kejadian gempa bumi selama tahun 2014, dengan melihat web aplikasi potensi tsunami dengan alamat <http://172.19.0.13/www> seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan aplikasi penentuan potensi tsunami menggunakan Tdur, Td dan T50Ex secara *real time*

Tercatat 624 kejadian gempa bumi di tahun 2014 yang dihitung oleh sistem dan hasilnya 99.19% (619 kejadian) [4], [20]. Sesuai dengan kejadian sebenarnya, artinya sistem menyatakan tidak berpotensi tsunami dan tidak ada kejadian tsunami juga di lapangan. Sementara itu 0.81% (5 kejadian) yang tidak tepat [23], artinya sistem menyatakan gempa bumi tersebut berpotensi tsunami, tetapi kenyataan tidak terjadi tsunami.

Dari 5 kejadian gempa bumi tersebut, ternyata 4 kejadian merupakan *ghost event* berdasar data dari InaTEWS. Ujicoba secara *offline* terhadap 28 kejadian tsunami yang terjadi di Indonesia maupun di luar negeri yang tahun 1994 – 2012 (Setyonegoro, W and Masturyono, 2013), untuk kejadian tsunami dengan tinggi gelombang < 1 meter diperoleh ketepatan 72.7% dan untuk kejadian tsunami dengan tinggi gelombang > 1 meter diperoleh ketepatan 58.82%.

Pada Gambar 4 ditampilkan sistem penentuan potensi tsunami menggunakan parameter *duration rupture* (Tdur), periode dominan (Td), T50Ex, Td * Tdur, Td*T50Ex cukup konsisten untuk penentuan potensi tsunami secara *real time*. Jika nanti dioperasikan perlu ada sistem manual yang bisa memvalidasi jika ada data sinyal yang kualitasnya kurang bagus untuk diolah [11]. Software perhitungan Td, Tdur dan T50Ex merupakan program komputer yang berfungsi untuk mengestimasi parameter sumber

gempa bumi; durasi *rupture* (Tdur) [11], periode dominan (Td), durasi lebih dari 50 detik (T50Ex) dari gelombang P yang terekam oleh stasiun seismik lokal dengan menggunakan metode prosedur langsung.

Software ini juga mengkomputasi perkalian antara Tdur dengan Td (Tdur * Td) dan perkalian antara Td dengan T50Ex (Td * T50Ex). Kedua hasil perkalian ini memberikan deskripsi tentang luas *rupture*. Oleh karena itu, hasil perkalian ini menjadi indikator kuat terjadi/tidaknya tsunami. Jika terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua hasil perkalian tersebut, maka perkalian antara T50Ex dengan Td yang diprioritaskan untuk digunakan sebagai bahan pengambilan keputusan apakah gempa bumi tersebut menimbulkan tsunami atau tidak. Indikator potensi tsunami dari masing-masing parameter adalah jika: Tdur > 65, Td > 10, T50Ex > 1, Tdur * Td > 650, Td * T50Ex > 10.

Aplikasi di-*setting* untuk gempa bumi dengan magnitude > 4, untuk wilayah di Indonesia. *Warning* potensi tsunami diberikan jika parameter Td*T50Ex > 10 dan Td*Tdur > 650, artinya keduanya melewati *threshold*. Parameter yang dialirkan dari aplikasi Seiscomp3 adalah parameter awal atau *automatic location* yang didapat 3 menit setelah kejadian gempa bumi. Waktu yang dibutuhkan untuk transfer data, membaca sinyal (*waveform*), *picking* gelombang P, dan perhitungan parameter potensi sekitar

1 menit, jadi total waktu yang dibutuhkan sekitar 4-5 menit.

4. Hasil dan pembahasan

4.1 Model kecepatan pada sistem monitoring gempa bumi Jisview

Pada tahun 2015 ini telah dihasilkan model kecepatan berdasarkan pembagian segmen di beberapa lokasi di Indonesia seperti di Sumatra Utara, Sumatra Barat, Jawa Tengah, Bali, Banda dan Sulawesi. Ditampilkan hasil model kecepatan wilayah Banda. Model kecepatan baru hasil inversi dengan menggunakan model *coupled hypocenter velocity* ini memiliki nilai yang berbeda dengan inisial model kecepatan yang digunakan. Pada kedalaman kurang dari 35 km, model kecepatan hasil inversi sedikit lebih cepat dibandingkan dengan model kecepatan inisial. Sedangkan pada rentang kedalaman 35 km - 140 km, model kecepatan hasil inversi lebih lambat daripada model kecepatan inisial. Kemudian pada kedalaman 140 km – 271 km, model kecepatan hasil inversi hampir sama besarnya dengan model kecepatan inisial.

Perbedaan antara model kecepatan inisial dengan model kecepatan hasil inversi menunjukkan bahwa setiap wilayah memiliki model kecepatan gelombang P 1D yang berbeda sesuai dengan kondisi geologi bawah permukaan. Model kecepatan hasil inversi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa semakin kedalam maka semakin besar pula kecepatan gelombang P. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kedalam lapisan penyusun bumi semakin rapat. Selain menghasilkan model kecepatan baru, *coupled hypocenter velocity* juga digunakan untuk merelokasi hiposenter.

4.2 Analisa dari kompilasi program

Kompilasi pada beberapa *software* pendukung Jisview telah dilakukan pada beberapa *software* pendukung Jisview, seperti : Azmtak, VB 6.0, SQLyog, M Visual C++, Matlab, 7.8, MapWinGis, Active Control, Map Object 2.2, Data Dynamic Active Report, MySQL *connector*

odbc, media dissemination. Sistem Jisview telah *support* untuk dilakukan instalasi pada windows 8 dan windows 10 untuk 64 bit. Hal ini penting dilakukan dimana interaktif pengembangan dari *installer* Jisview sangat diperlukan dalam mengikuti kemajuan sistem operasi Windows.

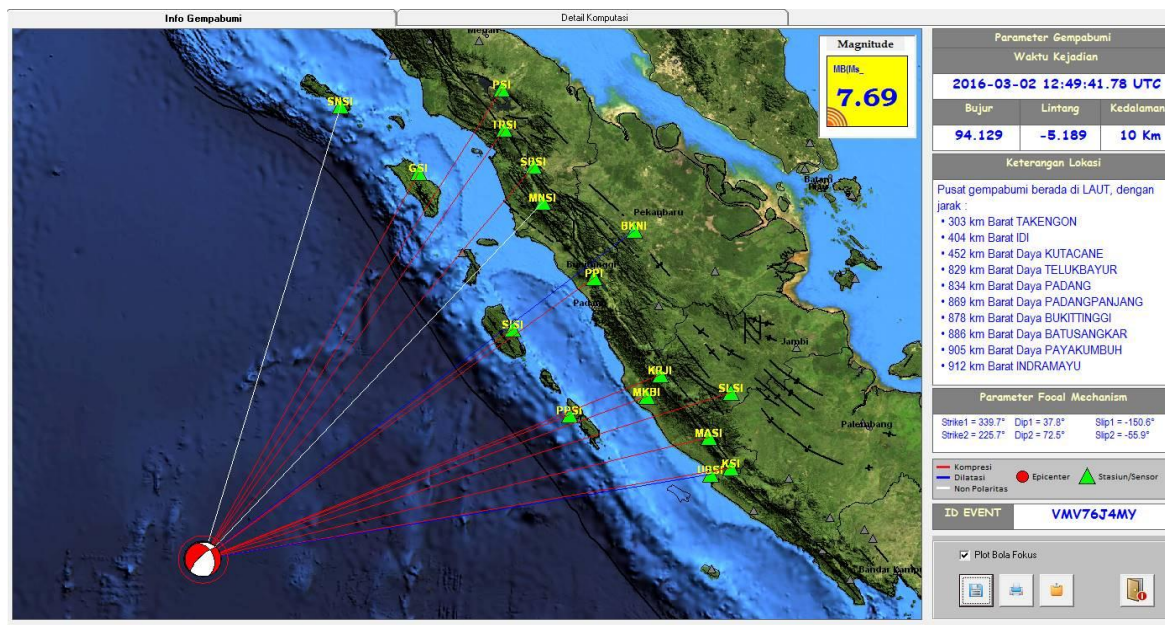
4.3 Upgrading Jisview di stasiun dalam mengklasifikasi monitoring dan analisa sinyal

Versi sistem monitoring Jisview sebelumnya, seringkali terjadi *over quota* akibat penerimaan jumlah *bandwidth* dan merupakan permasalahan utama sistem monitoring gempa bumi Jisview. Akses data berupa sinyal gempa bumi dari server BMKG sebenarnya dapat memiliki koneksi hanya ke 1 PC monitoring Jisview saja di BMKG pusat. Akan tetapi suplai sinyal dari stasiun monitoring gempa bumi dari hampir seluruh area di seluruh dunia menyebabkan kinerja *streaming* sinyal yang dapat dilakukan oleh 1 (satu) PC saja akan menurun.

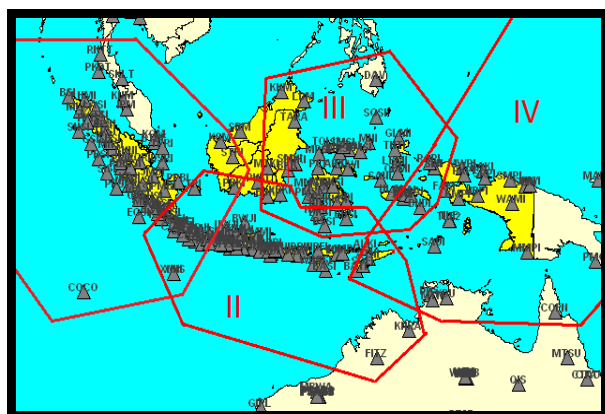
Sehingga diperlukan pembagian PC dalam monitoring gempa bumi. Diantaranya di kantor pusat BMKG dibagi dalam 5 (lima) segmen wilayah monitoring gempa bumi. Sementara untuk mengoptimalkan perolehan data monitoring, pada beberapa stasiun mini regional BMKG daerah pun telah dilengkapi PC monitoring gempa bumi yang diatur melakukan monitoring gempa bumi menurut wilayah stasiun pengamatannya. Instalasi PC monitoring pada stasiun mini regional BMKG telah dilakukan a.l.: Banjarnegara, Tretes, Sawahan dan Karangates pada kegiatan penelitian tahun 2015. Dengan *output* tampilan Sistem monitoring gempa bumi seperti pada Gambar 2.

4.4 PC Cluster menurut segmentasi aktivitas seismik

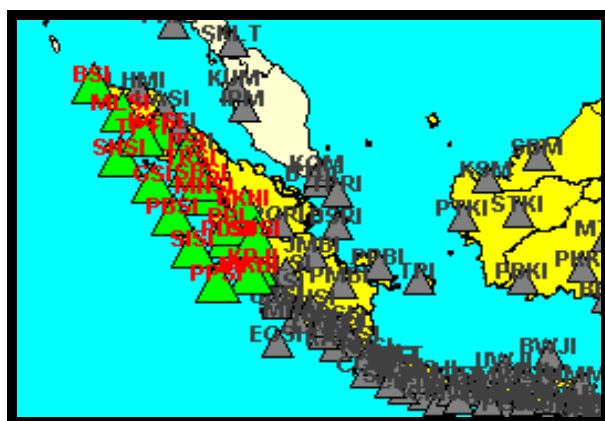
Dilakukan pengaturan stasiun manager pada sistem monitoring gempa bumi Jisview untuk mengaktifkan stasiun monitoring pada tiap PC menurut segmentasi aktivitas seismik area masing-masing (Gambar 5).



Gambar 5. Tampilan *output* dari sistem monitoring gempa bumi Jisview yang ter-*install* di BMKG dan mini regional BMKG



Gambar 6. Pengklasifikasian area monitoring gempa bumi menurut segmentasi aktivitas seismiknya



Gambar 7. Aktifasi stasiun monitoring segmen Sumatra pada stasiun manager *streaming* Jisview
Pembagian wilayah monitoring pada lab geofisika Puslitbang BMKG telah dilakukan berdasarkan segmentasi aktivitas seismik kegempaan pada masing-masing wilayah (Gambar 6 dan Gambar 7), sebagai berikut :

Cluster I :

- Pantai Barat Sumatra
- Pulau Sumatra
- Selat Sunda

Cluster II :

- Pulau Jawa, Bali & Nusa Tenggara
- Subduksi Selatan
- *Back ArcThrust* Flores

Cluster III :

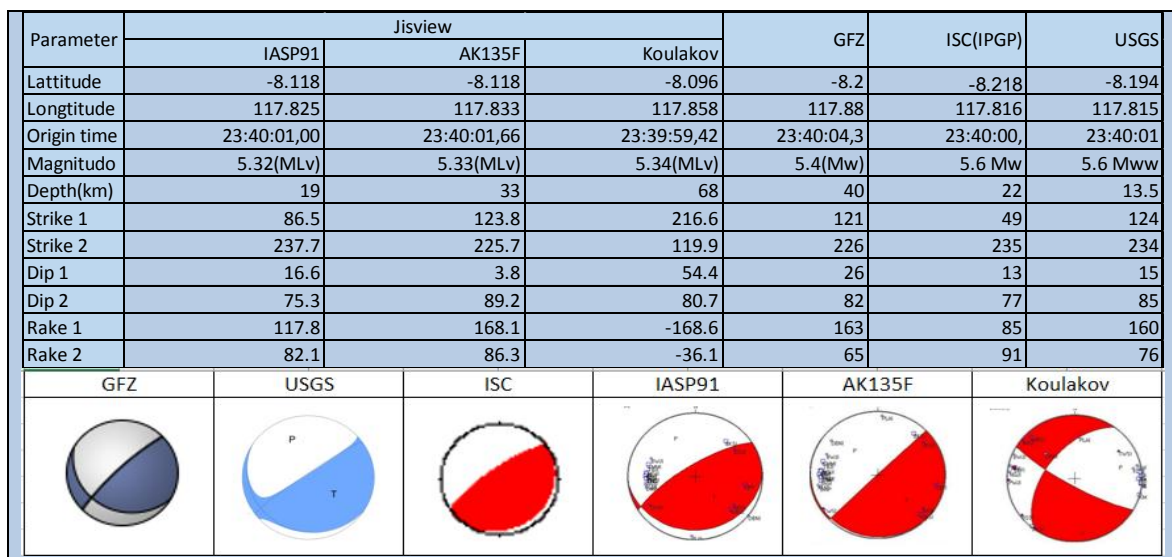
- Selat Makassar
- Pulau Sulawesi
- Sulawesi Bagian Utara
- Sulawesi Bagian Selatan
- Laut Banda Bagian Utara

Cluster IV :

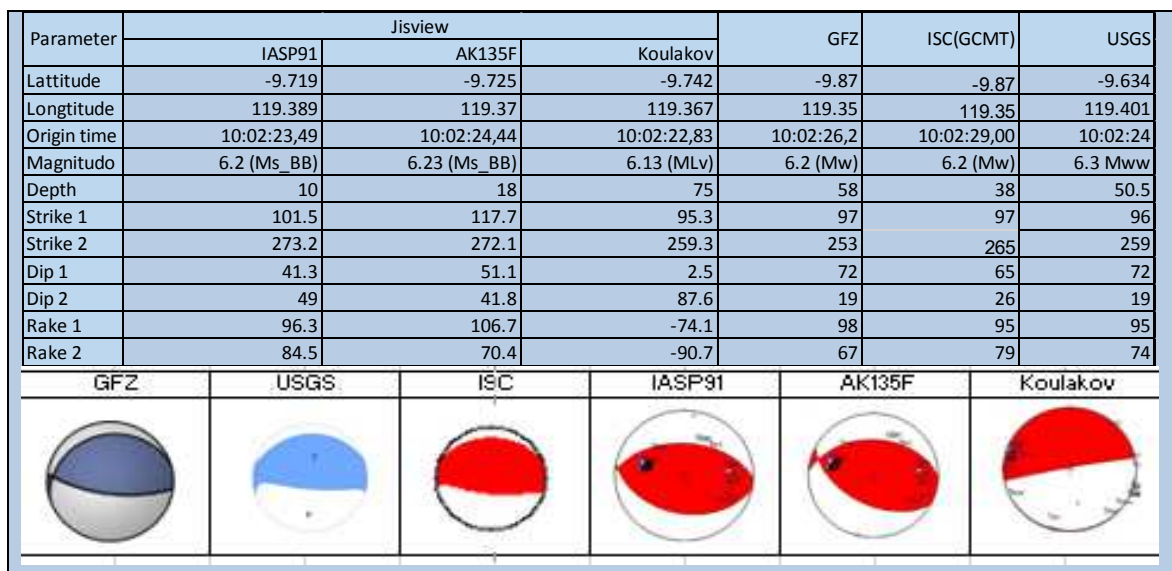
- Laut Banda Bagian Selatan/Laut Arafura
- Pulau Papua
- Samudra Pasifik

4.5 Validasi sistem informasi pada monitoring gempa bumi Jisview

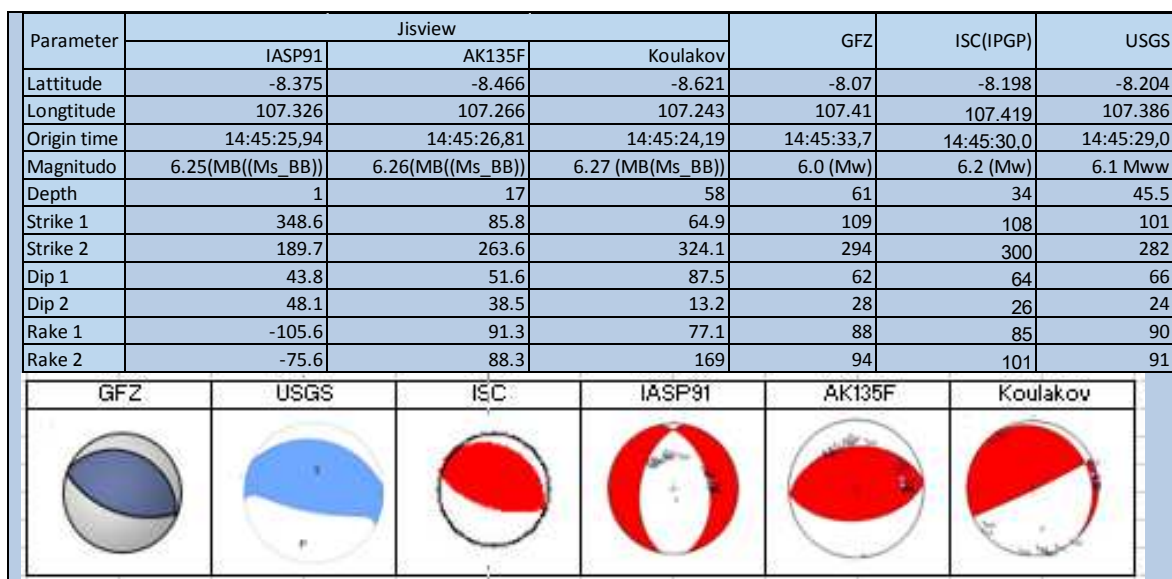
Ditampilkan 6 *event* dari 15 validasi *event* gempa yang telah dilakukan. Data sinyal dari tiap *event* gempa dilakukan pengolahan dengan menggunakan *software* Linuh sehingga menghasilkan nilai-nilai parameter gempa. Data kedua adalah data parameter gempa yang diambil dari GFZ, ISC, dan USGS yang digunakan sebagai data pembanding. Data hasil pengolahan menggunakan Linuh dan data dari ketiga instansi perilis gempa disajikan pada Gambar 8 sampai Gambar 13 berikut ini :



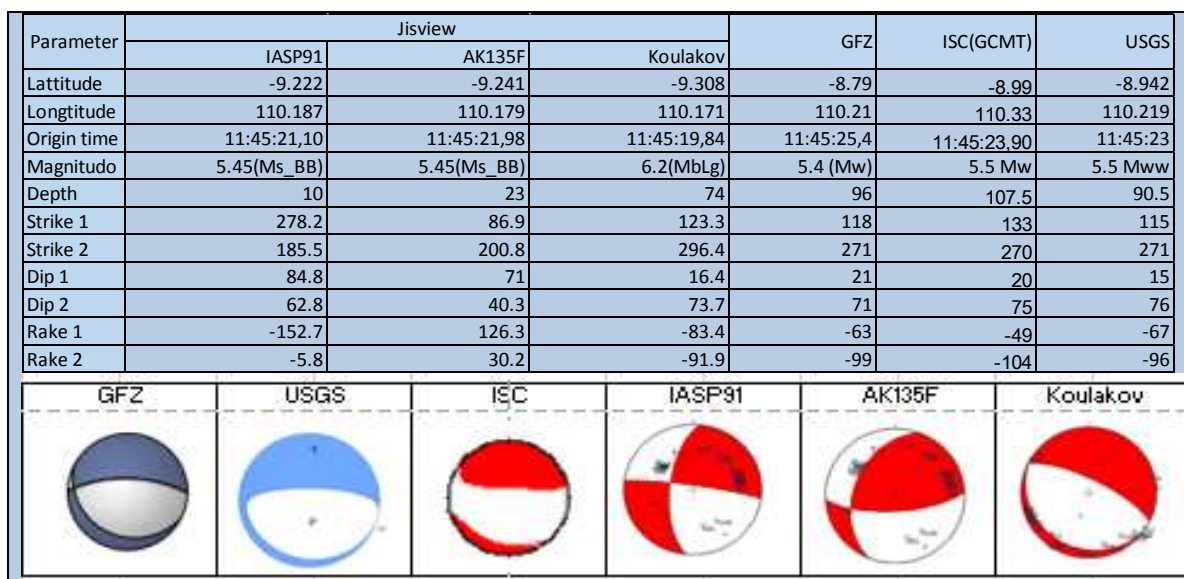
Gambar 8. Data Gempa Dompu 31 Juli 2016.



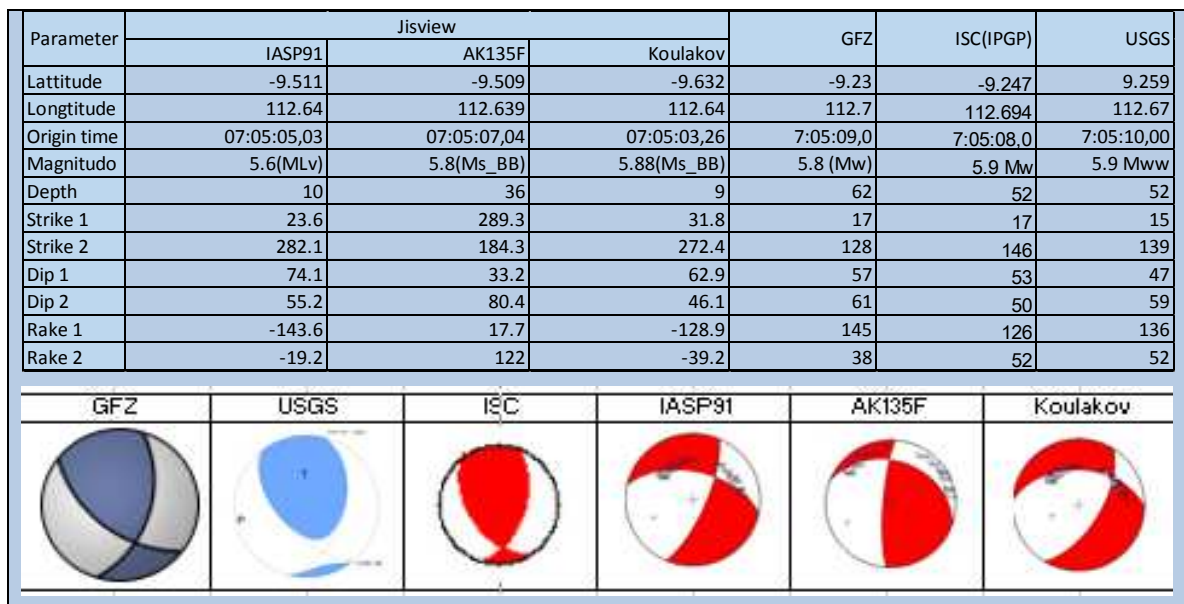
Gambar 9. Data Gempa Sumbawa 12 Februari 2016.



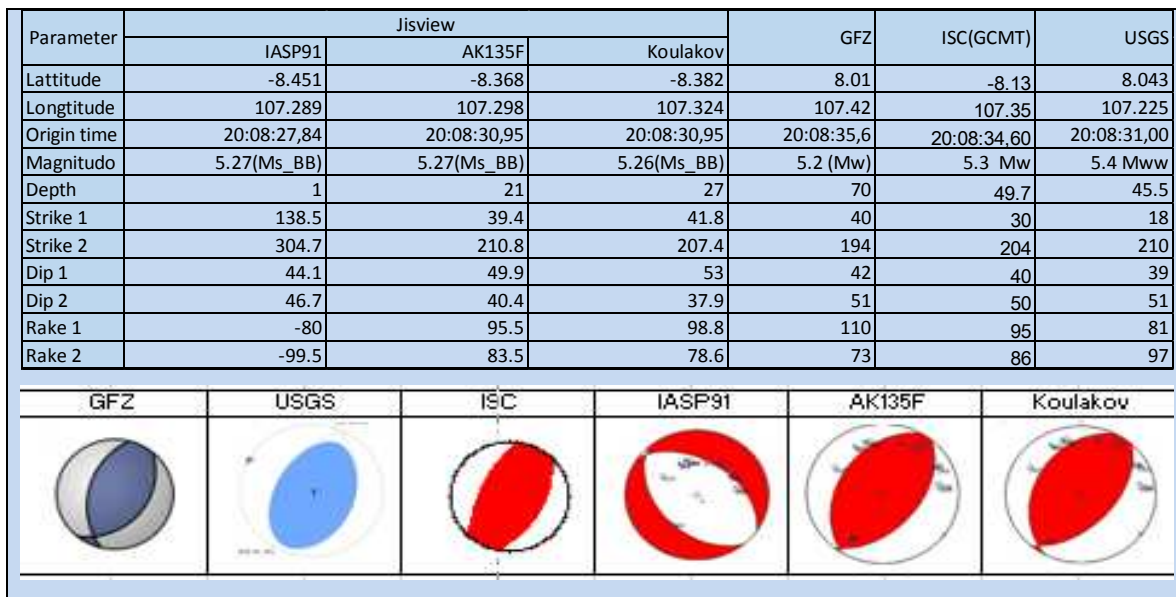
Gambar 10. Data Gempa Jawa 6 April 20016



Gambar 11. Data Gempa Jawa 11 November 2015



Gambar 12. Data Gempa Selatan Jawa 26 Juli 2015



Gambar 13. Data Gempa Jawa 4 September 2015.

Berikutnya adalah hubungan dari nilai kedalaman yang dihasilkan dengan pengolahan menggunakan Jisview dengan variasi tiga model kecepatan dan perbandingannya dengan nilai kedalaman dari sumber gempa yang telah dirilis instansi. Dibawah ini merupakan tabel nilai dari kedalaman sumber gempa bumi.

4.6 Korelasi Nilai Magnitudo

Sebelum melakukan plot magnitudo terlebih dahulu diseragamkan tipe dari magnitudo tersebut. Nilai dari magnitudo diseragamkan kedalam tipe Mw atau *moment magnitude*. Dibawah ini adalah tabel persamaan yang digunakan untuk melakukan konversi nilai magnitudo.

Tabel 1. Korelasi konversi antara beberapa skala magnitudo untuk wilayah Indonesia (Asrurifak dkk, 2010)

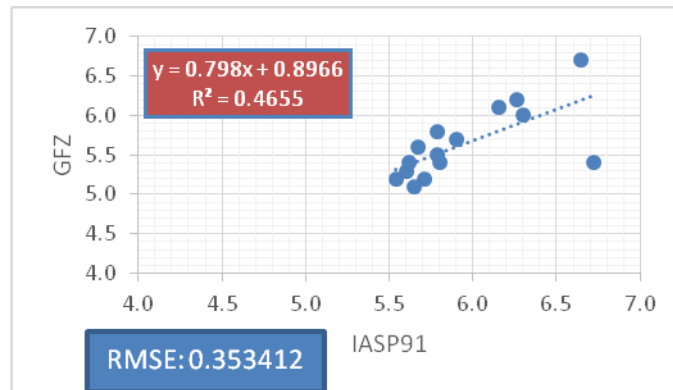
| Korelasi Konversi | Jml Data (Events) | Range Data | Kesesuaian (R^2) |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|
| $M_w = 0.143M_s^2 - 1.051M_s + 7.285$ | 3.173 | $4.5 \leq M_s \leq 8.6$ | 93.9% |
| $M_w = 0.114mb^2 - 0.556mb + 5.560$ | 978 | $4.9 \leq mb \leq 8.2$ | 72.0% |
| $M_w = 0.787M_E + 1.537$ | 154 | $5.2 \leq M_E \leq 7.3$ | 71.2% |
| $mb = 0.125M_L^2 - 0.389x + 3.513$ | 722 | $3.0 \leq M_L \leq 6.2$ | 56.1% |
| $M_L = 0.717M_D + 1.003$ | 384 | $3 \leq M_D \leq 5.8$ | 29.1% |

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan persamaan diatas, maka nilai dari magnitudo

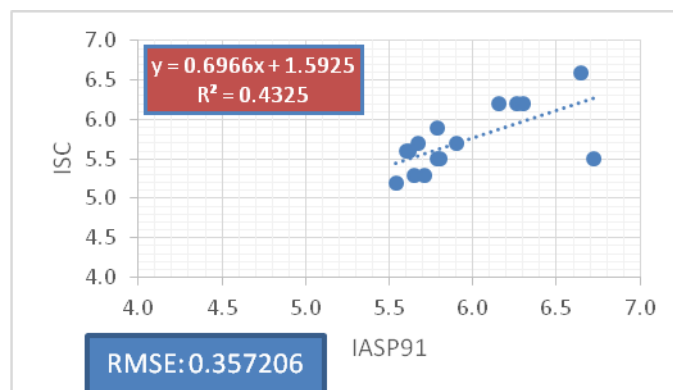
yang telah dikonversi menjadi tipe *moment magnitude* ditampilkan seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai magnitudo yang telah dikonversi kedalam bentuk *moment magnitude*

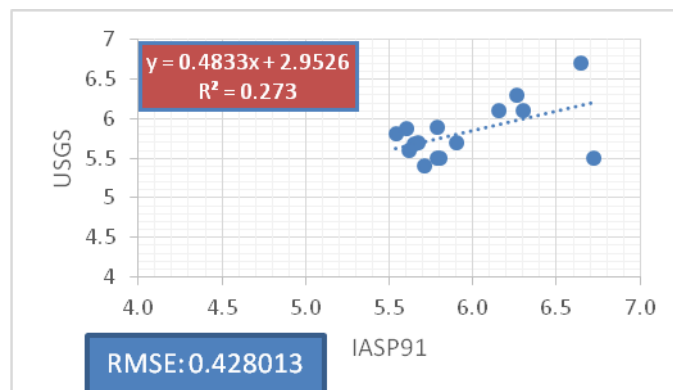
| Event | IASP91 | AK135F | Koulakov | GFZ | ISC | USGS |
|-------|--------|--------|----------|-----|-----|------|
| 1 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.4 | 5.6 | 5.6 |
| 2 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.3 |
| 3 | 6.3 | 6.3 | 6.3 | 6.0 | 6.2 | 6.1 |
| 4 | 5.8 | 5.8 | 6.5 | 5.4 | 5.5 | 5.5 |
| 5 | 5.8 | 6.0 | 6.0 | 5.8 | 5.9 | 5.9 |
| 6 | 5.7 | 5.7 | 5.7 | 5.2 | 5.3 | 5.4 |



Gambar 14. Grafik hubungan magnitudo dengan model kecepatan IASP91 dan GFZ



Gambar 15. Grafik hubungan magnitudo dengan model kecepatan IASP91 dan ISC



Gambar 16. Grafik hubungan magnitudo dengan model kecepatan IASP91 dan USGS

Hasil perhitungan magnitudo dengan menggunakan model kecepatan IASP91 dengan Nilai dari GFZ (Gambar 14) menunjukkan koefisien determinasi yang kecil yaitu 0,4655 hal ini disebabkan karena pada event gempa ke-9 perbedaan nilai magnitudo mencapai M1,3. Tetapi terjadi sebaliknya pada nilai RMSE, nilai tersebut tergolong kecil yaitu 0,353412 karena meskipun terjadi perbedaan yang signifikan dari keduanya tetapi variasi yang terjadi rata-rata memiliki selisih yang kecil. Hasil perhitungan magnitudo dengan menggunakan model

kecepatan IASP91 dengan Nilai dari ISC (Gambar 15) menunjukkan korelasi yang kurang sesuai. Berdasarkan nilai koefisien determinasi tidak mencapai 0,5 disini juga terjadi anomali pada event ke-9 nilai dari magnitudo keduanya mempunyai selisih M1,2. Jika dilihat dari nilai RMSE nilainya tak jauh berbeda dengan ilia RMSE sebelumnya, bisa jadi ini disebabkan oleh keadaan yang telah dijelaskan diatas. Hasil perhitungan magnitudo dengan menggunakan model kecepatan IASP91 dengan Nilai dari USGS (Gambar 16) menunjukkan hasil korelasi

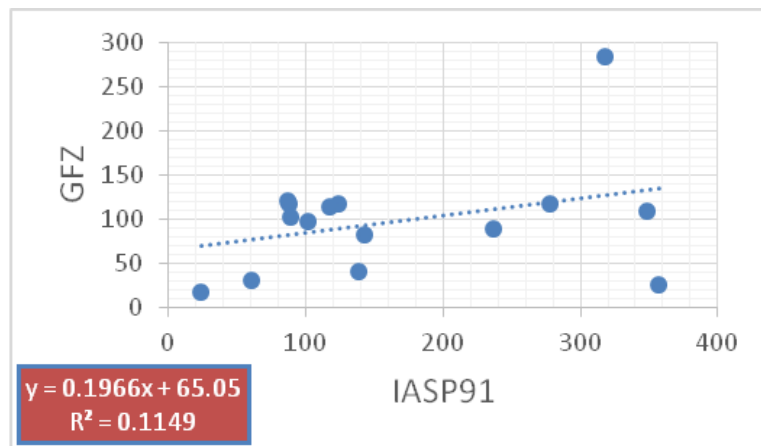
yang kurang sesuai. Koefisien determinasi memiliki nilai yang kecil 0,273. Koefisien determinasi yang kecil menunjukkan variasi perbedaan yang besar. Berbanding lurus dengan nilai RMSE, nilai error RMS ini juga besar 0,428 menunjukkan korelasi keduanya kurang sesuai.

Strike atau Jurus adalah arah garis yang dibentuk dari perpotongan bidang planar dengan bidang horizontal ditinjau dari arah utara. Arah dari strike ini berguna untuk menentukan penyebab terjadinya gempa atau sumber gempa. Didalam mekanisme fokus terdapat dua arah strike, strike utama dan strike pendukung. Dibawah ini merupakan tabel dari arah Strike-1.

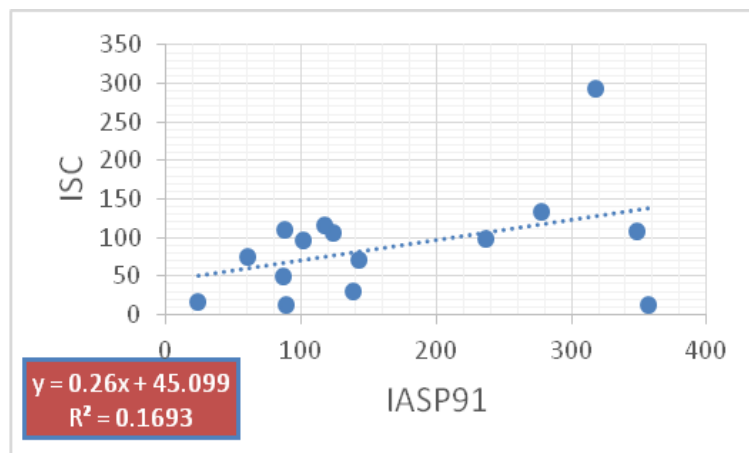
4.7 Korelasi Arah Strike

Tabel 3. Arah strike-1 sumber gempa bumi dari hasil pengolahan LINUH dan beberapa Instansi

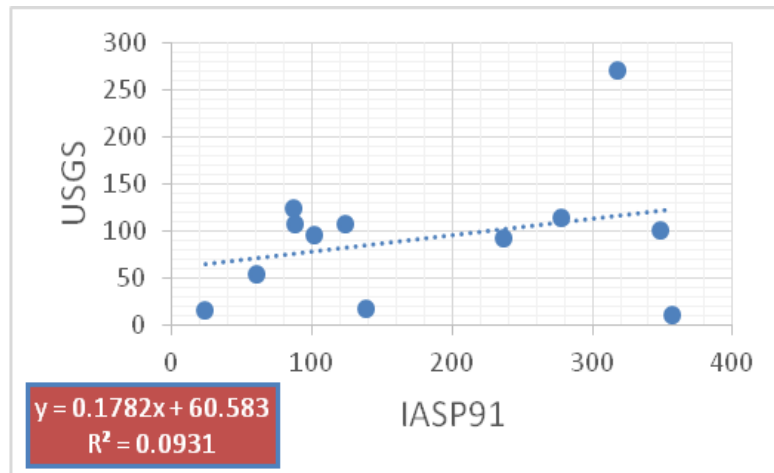
| Event | IASP91 | AK135F | Koulakov | GFZ | ISC | USGS |
|-------|--------|--------|----------|-----|-----|------|
| 1 | 86.5 | 123.8 | 216.6 | 121 | 49 | 124 |
| 2 | 101.5 | 117.7 | 95.3 | 97 | 97 | 96 |
| 3 | 348.6 | 85.8 | 64.9 | 109 | 108 | 101 |
| 4 | 278.2 | 86.9 | 123.3 | 118 | 133 | 115 |
| 5 | 23.6 | 289.3 | 31.8 | 17 | 17 | 15 |
| 6 | 138.5 | 39.4 | 41.8 | 40 | 30 | 18 |



Gambar 17. Grafik arah strike-1 dari Model Kecepatan IASP91 dan GFZ.



Gambar 18. Grafik arah strike-1 dari Model Kecepatan IASP91 dan ISC



Gambar 19. Grafik arah strike-1 dari Model Kecepatan IASP91 dan USGS.

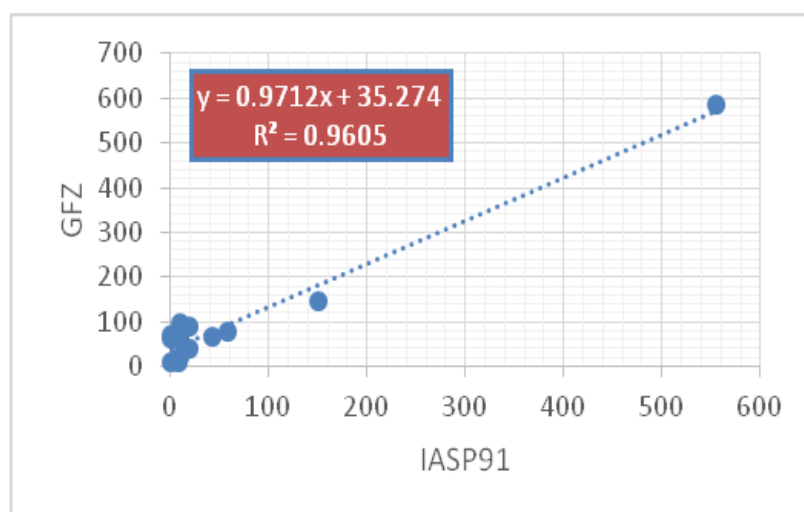
4.8 Korelasi Kedalaman

Berikutnya adalah hubungan dari nilai kedalaman yang dihasilkan dengan pengolahan menggunakan JISView LINUH dengan variasi tiga model kecepatan dan perbandingannya

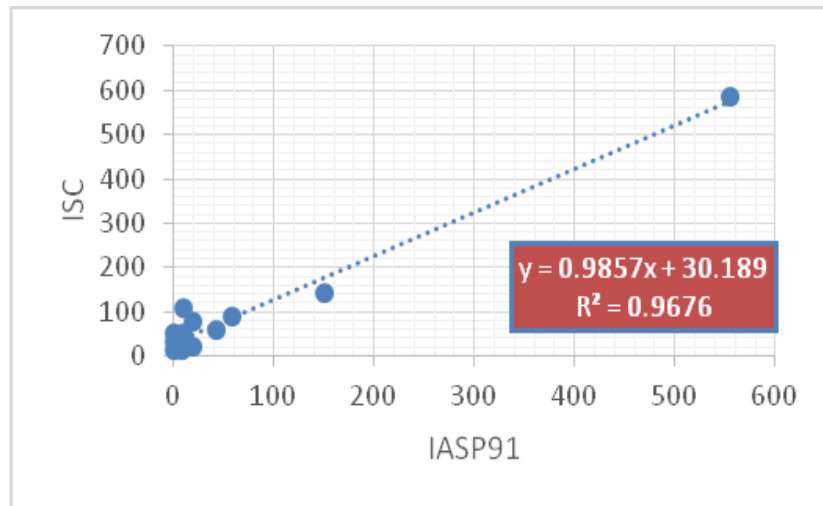
dengan nilai kedalaman dari sumber gempa yang telah dirilis instansi. Perhitungan untuk menentukan telah dibahas sebelumnya. Dibawah ini merupakan tabel nilai dari kedalaman sumber gempa bumi.

Tabel 4. Nilai kedalaman sumber gempa bumi dari hasil pengolahan LINUH dan beberapa Instansi

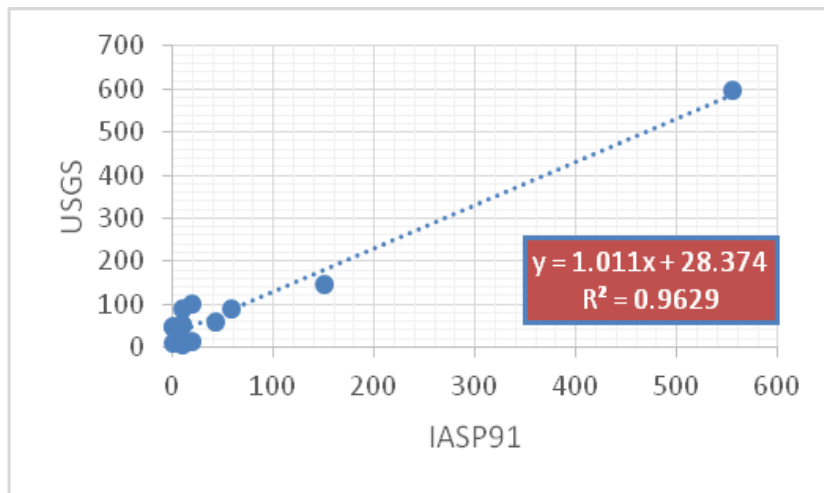
| Event | LINUH | | | GFZ | ISC | USGS |
|-------|--------|--------|----------|-----|-------|------|
| | IASP91 | AK135F | Koulakov | | | |
| 1 | 19 | 33 | 68 | 40 | 22 | 13.5 |
| 2 | 10 | 18 | 75 | 58 | 38 | 50.5 |
| 3 | 1 | 17 | 58 | 61 | 34 | 45.5 |
| 4 | 10 | 23 | 74 | 96 | 107.5 | 90.5 |
| 5 | 10 | 36 | 9 | 62 | 52 | 52 |
| 6 | 1 | 21 | 27 | 70 | 49.7 | 45.5 |



Gambar 20. Grafik nilai kedalaman dari Model Kecepatan IASP91 dan GFZ



Gambar 21. Grafik nilai kedalaman dari Model Kecepatan IASP91 dan ISC.



Gambar 22. Grafik nilai kedalaman dari Model Kecepatan IASP91 dan USGS.

Hubungan nilai kedalaman yang diperlihatkan antara model kecepatan IASP91 dan GFZ (Gambar 20) memperlihatkan hubungan yang bagus ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi yang mendekati satu. Selisih kedalaman yang direpresentasikan keduanya paling besar mempunyai selisih kedalaman 80 km pada salah satu *event*. Pada hubungan model kecepatan IASP91 dan ISC (Gambar 21) menunjukkan korelasi yang bagus. Nilai koefisien determinasi menunjukkan nilai 0,9676 secara teori dengan nilai determinasi ini menunjukkan korelasi yang bagus. Hubungan antara model kecepatan IASP91 dan USGS (Gambar 22) menunjukkan nilai koefisien determinasi yang bagus masih disekitaran 0,9. Dari ketiga korelasi ini dapat ditarik kesimpulan awal bahwa nilai kedalaman hasil pengolahan dengan LINUH dengan model kecepatan IASP91 untuk penentuan kedalaman memiliki nilai yang sesuai.

Progress report ini dilakukan untuk memvalidasi hasil pengolahan sinyal gempa bumi dengan *software* LINUH. Pengolahan sinyal tersebut menggunakan tiga model kecepatan yaitu IASP91. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan beberapa parameter hasil pengolahan dengan LINUH dibandingkan dengan instansi perilis gempa bumi. Parameter yang digunakan untuk validasi antara lain, magnitudo, kedalaman, dan arah strike.

Faktor pertama yang menyebabkan perbedaan dalam penentuan parameter gempa bumi adalah dari segi Subjek. Analisator sinyal atau orang yang mengolah sinyal memiliki peran penting disini. Perbedaan dalam menentukan picking gelombang menyebabkan perbedaan pula pada hasil pengolahan yang dilakukan. Selain itu pengalaman dari subyek ini sangat diperhitungkan. Faktor yang kedua adalah pemilihan stasiun gempa yang mencatat. Jarak

stasiun pencatat dan sumber gempa mempengaruhi sinyal yang diterima. Dalam pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini, pemilihan stasiun pencatat berbeda dengan pemilihan stasiun pencatat yang dilakukan oleh instansi seperti USGS, ISC, atau GFZ. Jadi perbedaan yang ada dapat disebabkan oleh hal ini. Selain itu karena perbedaan dalam pemilihan stasiun ini juga akan menyebabkan perbedaan dari azimuth stasiun dengan sumber gempa, hal ini sangat mempengaruhi nilai dari *focal mechanism*.

Distribusi dari stasiun pencatat gempa sebisa mungkin dapat melingkari dari daerah gempa tersebut. Tetapi karena keterbatasan yang ada maka dalam pengolahan sinyanya yang dilakukan dalam penelitian ini tidak dapat mengcover hal tersebut, maka dapat pula hal ini yang menyebabkan dari kurang sesuainya hasil pengolahan yang telah dilakukan.

Perbedaan yang terakhir adalah karena faktor model kecepatan, dalam penelitian ini terlihat bahwa dengan *picking* yang sama dan sinyal yang sama tetapi tetap menghasilkan perbedaan dalam nilai parameter. Model kecepatan ini memiliki peran dalam merepresentasikan keadaan dibawah permukaan. Untuk mendapatkan hasil pengolahan yang paling bagus, seharusnya digunakan model kecepatan yang lokal.

Terjadi perbedaan dalam melakukan pengolahan fokus dapat terjadi karena pemilihan sinyal gempa pada stasiun yang mempunyai jarak yang jauh dengan gempa tersebut terjadi. Karena *software* LINUX ini lebih bagus ketika pemilihan stasiun pencatat dekat dengan sumber terjadinya gempa, ini merupakan akibat dari penggunaan *first motion* ketika stasiun pencatat jauh dengan sumber gempa maka *first motion* dari gelombang gempa tersebut sudah terkena pengaruh dari medium yang dilewati.

4.9 Validasi sistem penentuan potensi tsunami

Tabel 5. Data gempa bumi $M \geq 6$ di Indonesia

| Date | Time | Latitude | Longitude | Depth | Mag | TypeMag | Region |
|------------|---------|----------|-----------|-------|-----|---------|----------------------|
| 27/02/2015 | 45:04.9 | -7.39 | 122.51 | 547 | 6.8 | Mw(mB) | Flores |
| 3/03/2015 | 37:32.8 | -0.74 | 98.77 | 47 | 6.1 | Mw | Southern Sumatra |
| 15/03/2015 | 17:17.5 | -0.55 | 122.38 | 30 | 6 | Mw(mB) | Minahassa Peninsula |
| 17/03/2015 | 12:30.2 | 1.72 | 126.51 | 64 | 6.2 | Mw | Northern Molucca Sea |
| 28/03/2015 | 28:52.2 | 0.47 | 122.02 | 111 | 6 | mb | Minahassa Peninsula |
| 27/07/2015 | 41:21.8 | -2.75 | 138.55 | 51 | 6.9 | Mw | Irian Jaya |

Validasi sistem penentuan potensi tsunami untuk gempa bumi tahun 2015 telah menghitung 662 kejadian gempa bumi $M > 4$ di Indonesia tahun 2015. Gempa $M \geq 6$ Tahun 2015 di Indonesia (Gambar 8). Kejadian gempa bumi tahun 2015 yang berhasil dihitung oleh sistem potensi tsunami secara *real time* sebanyak lebih dari 752 kejadian gempa bumi, semuanya menunjukkan tidak ada peringatan potensi tsunami (Gambar 9). Di beberapa hari *server* kadang mati sehingga tidak terdapat hasil perhitungan potensi tsunami. Besar dan dampak tsunami sangat terpengaruh oleh pergeseran lantai dasar laut yang berhubungan dengan panjang (L), lebar (W), *mean slip* (D), dan kedalaman (z), dari *rupture* gempa bumi. Lomax dan Micheline [6-7], telah menemukan bahwa parameter panjang *rupture* dari suatu gempa bumi merupakan parameter yang paling dominan sebagai penyebab tsunami.

Untuk mengukur panjang *rupture* diperlukan metode yang kompleks dan membutuhkan waktu komputasi yang lebih lama, sehingga tidak layak digunakan untuk peringatan dini tsunami. Lomax and Micheline [6-7], juga telah menemukan hubungan antara L dan durasi *rupture* yang bisa dinyatakan bahwa durasi *rupture* sebanding dengan panjang *rupture*. Untuk mengestimasi durasi *rupture* (T_0 atau T_{dur}) bisa dilakukan dengan cara menganalisis seismogram-seismogram grup gelombang P yang dominan dari seismogram frekuensi tinggi dari gempa bumi, sehingga durasi *rupture* gempa bumi bisa digunakan untuk peringatan dini dari tsunami (Geist dan Yoshioka, 1996; Geist and Parsons, 2005; Olson and Allen, 2005, [15] (Gambar 4), (Tabel 2). Parameter lain yang bisa dijadikan parameter peringatan dini tsunami adalah periode dominan dari gelombang P, yang merupakan nilai puncak dari *Time Domain* (τ_c) [13]. T_{50} *Exceedance* (T_{50EX}) juga bisa dijadikan indikator potensi tsunami. T_{50Ex} adalah nilai perbandingan RMS amplitudo saat durasi *rupture* (T_{dur}) mencapai 50-60s dengan *rms amplitude* saat durasi *rupture* 0-25 s, [14] (Gambar 23).

| | | | | | | | |
|------------|---------|-------|--------|----|-----|----|----------------------|
| 16/09/2015 | 40:59.5 | 1.92 | 126.57 | 51 | 6.3 | Mw | Northern Molucca Sea |
| 24/09/2015 | 53:28.7 | -0.59 | 131.24 | 13 | 6.3 | mb | Irian Jaya Region |
| 4/11/2015 | 44:16.5 | -8.28 | 124.93 | 23 | 6.4 | Mw | Timor Region |

Tabel 6. Hasil perhitungan sistem penentuan potensi tsunami

| Date | Mag | Region | Tdur | Td | T50Ex | Td*Tdur | Td*T50Ex | INFO |
|------------|-----|----------------------|--------|-------|-------|---------|----------|------|
| 27/02/2015 | 6.8 | Flores Sea | 136.12 | 4.6 | 0.37 | 566 | 1.54 | nT |
| 3/03/2015 | 6.1 | Southern Sumatra | 204.36 | 0.62 | 0.03 | 126 | 0.01 | nT |
| 15/03/2015 | 6 | Minahassa Peninsula | 5.32 | 0.5 | 1.35 | 2 | 0.67 | nT |
| 17/03/2015 | 6.2 | Northern Molucca Sea | 183.89 | 0.52 | 1.25 | 95 | 0.65 | nT |
| 28/03/2015 | 6 | Minahassa Peninsula | 157.91 | 0.99 | 9.05 | 156 | 9.04 | nT |
| 27/07/2015 | 6.9 | Irian Jaya | 4 | 0.12 | 0.79 | 0 | 0.1 | nT |
| 16/09/2015 | 6.3 | Northern Molucca Sea | 379.65 | 23.74 | 1.03 | 9000 | 24.46 | T |
| 24/09/2015 | 6.3 | Irian Jaya Region | 11.84 | 33.99 | 1.11 | 373 | 37.72 | nT |
| 4/11/2015 | 6.4 | Timor Region | 227.12 | 17.23 | 0.37 | 4774 | 6.37 | nT |

Gambar 17. Aplikasi sistem penentuan potensi tsunami secara manual.

Aplikasi mulai disempurnakan dengan menggunakan sinyal masukan 3 menit awal sinyal (*waveform*). Indikator potensi tsunami dari masing-masing parameter adalah jika:

- $T_{dur} > 65$
- $T_{dur} * T_d > 650$
- $T_d > 10$
- $T_d * T_{50Ex} > 10$
- $T_{50Ex} > 1$

- Potensi tsunami dikeluarkan jika kedua parameter: $T_{dur} * T_d > 650$ dan $T_d * T_{50Ex} > 10$

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari pengembangan sistem monitoring gempa bumi Jisview, pada penentuan model kecepatan diperoleh *root mean square* (RMS) *residual* sebelum dilakukan proses perhitungan yaitu 2.044126. Setelah dilakukan proses perhitungan dengan menggunakan program *velest3.3* sampai dengan iterasi ke-17 diperoleh nilai RMS residual menjadi 0.646223. GAP rata-rata yang didapatkan dari seluruh proses perhitungan yaitu sebesar 161. Nilai ini dianggap baik karena masih dibawah 180. Namun ada beberapa *event* yang memiliki nilai GAP lebih dari 180 yang dikarenakan sebaran geometri stasiun seismik penerima sehingga nilai GAP yang terdeteksi cukup besar. Akan tetapi model kecepatan yang dihasilkan ini masih memerlukan validasi dan relokasi kembali untuk diujicobakan pada beberapa *event* gempa bumi.

Kemudian pada teknis validasi pengolahan data gempa bumi dengan menggunakan *software* JISVIEW adalah bahwa penentuan parameter magnitudo gempa bumi dengan menggunakan model kecepatan IASP91, AK135F, dan Koulakov diperoleh beberapa hasil perbandingan yang diperoleh adalah selisih nilai magnitudo dibawah atau sama dengan $M_{0,3}$, 82,96% dan selisih kedalaman dibawah atau sama dengan 25 km, yang berarti secara keseluruhan 54.07% dari 135 kali pengolahan dari 15 *event* gempa bumi, dihasilkan nilai magnitudo, dengan koefisien korelasi $R : 0.43 - 0.96$ dan RMSE 0.353 - 0.428 dan koefisien korelasi kedalaman 0.0022 s.d 0.94. Faktor penyebab perbedaan nilai parameter *output* antar instansi dalam merilis informasi gempa bumi antara lain lebih disebabkan oleh, *picking* gelombang tiba, perumusan penentuan *hypocenter* gempa bumi yang menyesuaikan dengan jarak tempuh sinyal gempa bumi yang dipengaruhi oleh koreksi efek kelengkungan bumi, kondisi dan kestabilan instrument sensor gempa bumi dan pemilihan serta distribusi stasiun pencatat yang berkaitan dengan kemutakhiran dari masing-masing sistem monitoring gempa bumi tersebut.

Kemudian kesimpulan ukuran akurasi perolehan data dan informasi tsunami diperoleh validitas sistem informasi potensi tsunami T_{dur} , T_d dan T_{50x} untuk gempa bumi tahun 2015 untuk 662 kejadian gempa bumi $M > 4$ di Indonesia tahun 2015. Gempa $M \geq 6$ Tahun 2015 di Indonesia. Dengan melihat hasil perhitungan web aplikasi potensi tsunami dengan alamat

<http://172.19.0.13/www>, dan membandingkan konsistensinya dengan kejadian sebenarnya terjadi tsunami signifikan atau tidaknya.

Kejadian gempa bumi tahun 2015 yang berhasil dihitung oleh sistem potensi tsunami secara *real time* sebanyak lebih dari 752 kejadian gempa bumi, semuanya menunjukkan tidak ada peringatan potensi tsunami. Beberapa kali jaringan dan server mengalami gangguan sehingga mengakibatkan tidak semua potensi tsunami pada gempa bumi $M > 4$ dapat terhitung. Dilakukan perhitungan potensi tsunami secara manual untuk 12 kejadian gempa bumi $M > 6$ dengan hasil 11 kejadian tidak berpotensi tsunami (tepat), dan 1 kejadian berpotensi tsunami (tidak tepat), dengan tingkat konsistensi dengan kejadian sebenarnya mencapai 91%. Sistem potensi tsunami yang telah diujicoba dengan kejadian gempa bumi tahun 2015 memiliki konsistensi mencapai 91% dengan kejadian sebenarnya.

Sistem potensi bisa dipakai sebagai sistem pendukung InaTews di operasional, dimungkinkan sebagai *second warning*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Garini, A. Sherly, dkk., Studi Kegempaan Di Wilayah Sumatera Bagian Utara Berdasarkan Reloksi Hiposenter Menggunakan Metode Inversi, 2014.
- [2] Nina, Iswati, dkk., Estimasi Model Kecepatan Lokal Gelombang Seismik 1D Dan Relokasi Hiposenter Di Daerah Sumatera Barat Menggunakan Hypo-GA Dan Velest 3.3., Jurnal Fisika, Vol. 02 No.02, 2013, pp. 1 - 6.
- [3] Rachman, Deni Tri dan Nugraha, Andri Dian, Penentuan Model 1-D Kecepatan Gelombang P Dan Relokasi Hiposenter Secara Simultan Untuk Data Gempa bumi Yang Berasosiasi Dengan Sesar Sumatera Di Wilayah Aceh Dan Sekitarnya, JTM, Vol. XIX No.1, 2012.
- [4] Lay, T., Kanamori, H., Ammon, C. J., Nettles, M., Ward, S. N., Aster, R. C., Beck, S. L., Bilek, S. L., Brudzinski, M. R., Butler, R., DeShon, H. R., Ekstrom, G., Satake, K. and Sipkin, S., The great Sumatra- Andaman earthquake of 26 Dec 2004, Science, 308, 2005, pp. 1127–1133.
- [5] Lomax, A. & Michelini, A., Mwpd: a duration-amplitude procedure for rapid determination of earthquake magnitude and tsunamigenic potential from P waveforms, Geophys. J. Int., 176, 2009, pp. 200–214.
- [6] Lomax, A. & Michelini, A., Tsunami early warning using earthquake rupture duration, Geophys. Res. Lett., 36, L09306, 2009.
- [7] Lomax, A. And A. Michelini, Tsunami early warning using earthquake rupture duration and P-

- wve dominant period: the importance of length and depth of faulting, *Geophys. J. Int.* 185, 2011, pp. 283-291.
- [8] Jimmi Nugraha, Januar Arifin, Wiko Setyonegoro, Thomas Hardy, Pupung Susilanto, "*Pembangunan Sistem Monitoring Gempa bumi Jisview*", Prosiding Seminar Tahunan Hasil-Hasil Penelitian dan Pengembangan Puslitbang BMKG, 2013, pp. 76-86.
 - [9] Jimmi Nugraha, Januar Arifin, Daryono, Iman Suardi, Ariska Rudyanto, Hapsoro Agung Nugroho, Bambang Sunardi, Wiko Setyonegoro, Drajat Ngadmanto, Suliyanti Pakpahan, Thomas Hardy, Pupung Susilanto, Sulastris, Angga Setiyo Prayogo, Nanang T. Puspito, Irwan Meilano, Fachrizal, "*Teknik Identifikasi Polaritas dan Kualitas Impulse Pertama Gelombang P dan Signal Processing Dalam Sistem Monitoring Gempa bumi Jisview*", Seminar Ilmiah Hasil-hasil Penelitian dan pengembangan Puslitbang BMKG, 2014, pp. 70-83.
 - [10] Kissling, E., Program Velest User's Guide – Short Introduction, Institute of Geophysics, ETH Zuerich, 1995.
 - [11] Madlazim, Assessment Of Tsunami Generation Potential Through Rapid Analysis Of Seismic Parameters Case Study: Comparison Of The Earthquakes Of 6 April And Of 25 October 2010 Of Sumatra, *Science Of Tsunami Hazards* 1 (32), United States, 2013.
 - [12] Madlazim, Toward tsunami early warning system in Indonesia by using rapid rupture durations estimation, AIP Conf. Proc. 1454, International Conference On Physics And Its Applications, 2011, pp. 142-145.
 - [13] Madlazim, Toward Indonesian Tsunami Early Warning System By Using Rapid Rupture Durations Calculation, *Science Of Tsunami Hazards*, 4(30), United States, 2011.
 - [14] Madlazim, Bagus Jaya Santosa, Jonathan M. Lees and Widya Utama, Earthquake Source Parameters at Sumatran Fault Zone: Identification of the Activated Fault Plane, *Cent. Eur. J. Geosci.* 2(4), 2010.
 - [15] Masturyono, Madlazim, Thomas Hardy, and Karyono, In the 3rd International Symposium on Earthquake and Disaster Mitigation (ISEDMD), Yogyakarta, 17-18 December 2013.
 - [16] Permen Kominfo. No. 20, Tahun 2006, Tentang : Peringatan Dini Tsunami atau bencana lainnya Melalui Lembaga Penyiaran di Seluruh Indonesia, Pasal 6 Ayat 2, 2006.
 - [17] Setyonegoro, W., Tsunami Numerical Simulation Applied to Tsunami Early Warning System, *Journal of Meteorology and Geophysics (BMKG)*, Vol.12 No.1, Mei 2011, pp. 21-32.
 - [18] Setyonegoro, W, et al., Analisis Sumber Gempa bumi dengan Potensi Tsunami pada Segmen Mentawai, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika (BMKG)*, Vol.13 No.2, 2012, pp. 138-139.
 - [19] Setyonegoro, W and Masturyono, Pengaruh Profil Kedalaman Lautan Pada Penjalaran Tsunami (Studi Kasus : Gempa bumi Aceh 11 April 2012), Edisi ke-8 Prosiding Seminar Scientific Jurnal Club, 2013, pp. 105-110.
 - [20] Setyonegoro, W., Sayyidatul Khoiridah, Moh. Ikhyaul Ibad, "*Validasi Pemodelan Tsunami Berdasarkan Software L-2008 Menggunakan Data Sumber Gempa bumi USGS, IRIS, CMT dan GFZ untuk Studi Kasus Tsunami Nias 28 Maret 2005*", *Jurnal Meteorologi dan Geofisika (BMKG)*, Vol.16 No.1, 2015, pp. 25-36.
 - [21] Thomas Hardy, Madlazim, Jimmi Nugraha, Suliyanti Pakpahan, Wiko Setyonegoro, "*Pengembangan dan Automatisasi Sistem Penentuan Potensi Tsunami dengan Perhitungan Durasi Rupture (T-Dur), Periode Dominan (Td) dan T50EX*", Prosiding Seminar Tahunan Hasil-hasil Penelitian dan Pengembangan Puslitbang BMKG, 2013, pp. 87-92.
 - [22] Thomas Hardy, Madlazim, Masturyono, Karyono, Fachrizal, Sugeng Pribadi, Angga Setiyo Prayogo, Pupung Susilanto, Bambang Sunardi, Wiko Setyonegoro, Rasmid, _Bagus Pradana, "*Validasi Sistem Penentuan Potensi Tsunami Dengan Perhitungan Metode Durasi Rupture (T-Dur), Periode Dominan (TD) dan T50EX*", Seminar Ilmiah Hasil-hasil Penelitian dan pengembangan Puslitbang BMKG, 2014, pp. 108-114.
 - [23] Wallansha R and Setyonegoro, W., "*Skenario Tsunami Menggunakan Data Parameter Gempa bumi Berdasarkan Kondisi Batimetri (Studi Kasus : Gempa bumi Maluku 28 Januari 2004)*", *Jurnal Segara Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP)*, Vol.11 No.2, 2015, pp. 159-168.